

Cheng-Shing Wu

April 19, 2004

BSKB, LLP

703-205-8066

3313-1163 PUS1

1 of 1

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申 請 日：西元 2004 年 01 月 13 日
Application Date

申 請 案 號：093100839
Application No.

申 請 人：財團法人工業技術研究院
Applicant(s)

局 長

Director General

蔡 緣 生

發文日期：西元 2004 年 3 月 22 日
Issue Date

發文字號：**09320271610**
Serial No.

(此處由本局於收文時黏貼條碼)

專利證明文件申請書

(本申請書格式、順序及粗字體，請勿任意更動；□ 請以 ×表示)

※案由：22304

申請日期：2004/02/10

申請案號：93100839

發明 新型 新式樣 第 號專利權

申請證明文件：主張優先權用 1 份 英文證明書 份

同時辦理事項：變更原專利權人之 地址 代理人 代表人 姓名或名稱
印章 其他(請寫明)

壹、申請人：(共 1 人)(須與原卷存資料一致；若有變更，請申請變更)

姓名或名稱(中文/英文)：(簽章) 財團法人工業技術研究院

ID：S00002002A

代表人(中文/英文)：(簽章) 翁政義

住居所或營業所地址(中文/英文)：新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號

國籍(中文/英文)：中華民國

電話/傳真/手機：03-5917395/03-5820467

E-MAIL：

專利代理人：

姓 名：(蓋章)

ID：

證書字號：台代字第 號

事務所地址：

電話/傳真/手機：

連絡人(電話分機)：

E-MAIL：

發文字號：

貳、規費：共計新台幣 600 元整。

一、規費新台幣六百元。

二、同時辦理變更登記事項者，除變更地址、代表人外，應另檢附變更規費新台幣三百元及相關證明文件。

參、附送書件：

- 最初提出之專利說明書、圖式或圖說。
- 專利證書英譯本一份。
- 委任專利代理人者，應檢附委任書。
- 其他(請寫明)。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

※ 申請日期：

※ I P C 分類：

壹、發明名稱：(中文/英文)

離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法/ Symbol timing recovery method for DMT-VDSL

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文) ID : S00002002A

財團法人工業技術研究院

INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

代表人：(中文/英文) 翁政義 / WENG, CHENG I

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號/No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd.,
Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C.

國 籍：(中文/英文) 中華民國

參、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文) ID :

1. 吳政勳 / WU, CHENG SHING K120929202

住居所地址：(中文/英文)

1. 新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號/No. 195, Sec. 4, Chung-Hsing Rd.,
Chu-Tung, Hsinchu, Taiwan, R. O. C.

國 籍：(中文/英文) 1. 中華民國

肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項 第一款但書或 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

伍、中文發明摘要：

一種離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，主要係將所擷取的樣本轉換到頻域，並且透過頻域中尖峰的特性，確認伴隨（company）尖峰的位置，兩者搭配來判斷出正確的突高回應（impulse response）的位置，進而校正樣本擷取位置，而能有效地將符號時序恢復。

陸、英文發明摘要：

A symbol timing recovery method for DMT-VDSL converts a captured sample to frequency-domain. By the peak effect in frequency-domain, a company peak is decided. And the location of exactly impulse response is confirmed through the peak and its company peak in frequency-domain. Then it can correct the position of the sample and recover the symbol timing.

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（5）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種符號時序回復的方法，應用於離散多頻-超高速數位用戶迴路，特別是一種利用頻域之尖峰與伴隨尖峰來校正的符號時序恢復之方法。

【先前技術】

超高速數位用戶迴路 (Very High Data Rate Digital Subscriber Line；VDSL) 係採用離散多頻(Discrete Multi-Tone；DMT)的技術，與最常見之非對稱數位式用戶線路 (Asymmetric Digital Subscriber Line；ADSL)相比，其傳輸速度較高 (ADSL：1.5-8M/0.3-2Mbps, VDSL：2-26M/2-16Mbps)，但傳輸距離較近 (ADSL：4.8 公里，VDSL：1.5 公里)，形成兩者在速率與距離兩者間取捨。由上述技術特性可知，ADSL 技術較適合應用在用戶所在地距離電信公司機房超過 1 公里以上的環境，以沿用電信公司現有市內電話機房方式提供 ADSL 服務；而 VDSL 則較適合於社區型住宅大樓的環境，電信公司以光纖直接接續至大樓電信室，採社區共享頻寬方式，再以 VDSL 技術接入用戶家中。

而離散多頻-超高速數位用戶迴路 (DMT-VDSL) 於傳輸時，係先將資料加以編碼 (encode) 並進行逆傅立葉轉換 (inverse fast Fourier transform；IFFT)，而轉換所得的訊號 (signals) 在傳輸之前，為了避免於傳輸時的回音 (echo) 或是串音 (cross-talk)，係將傳輸訊號每個離散多頻符號之間增加有週期性延伸段 (cyclic extension；CE)；而接收端於收到後，先行將 CE 去除後，進行傅立葉轉換 (FFT) 並解碼而可得到原始資料；這個過程必須正確地計算出邊界位置 (boundary)，才能將 CE 將以去除而得到正確的資料。

習知於時域 (time-domain) 符號時序恢復的作法是利用 CE 重複資料的特性 (將逆傅立葉轉換後的資料取部分後段複製置於符號的前端，取部分前段資料複製置於符號的後端) 故於接收端收到訊號時時，僅需將整個訊號作等同於符號長度的延遲 (delay)，並計算原始訊號與延遲的訊號的相關性 (correlation)，高相關性的訊號區段即為邊

界位置。然而，實際運算下，此方法的精準度不高，且需要耗費相當大的記憶體 (memory) 容量。

另一方面，頻域 (frequency-domain) 符號時序恢復的作法，是直接將所接收到的訊號擷取一段等同於原始符號長度的資料，並且將其利用傅立葉轉換將訊號轉換為頻域，並在頻域計算通道頻率響應 (channel frequency response)，將此訊號再轉換回時域可得通道脈衝響應 (channel impulse response)。理論上，相對於離散多頻符號的邊界，此通道脈衝響應會有一個突高回應 (peak response)。因此，就可以利用此方式求得正確的邊界位置。最常見的 ADSL 可以採用上述的方式來完成符號時序恢復。

然而，VDSL 不同於其他傳輸模式，在 VDSL 的訓練時期 (training phase) 其所傳輸之離散多頻符號的奇數頻 (odd tone) 用來傳輸兩個 VDSL 傳收機所要交換的資訊 (information)，故在計算通道頻率響應時，我們無法得知所有的頻帶響應，這會使得計算通道脈衝響應時有兩個等高的突高回應。此外，擷取一段原始符號長度 (連同 CE) 直接轉換到頻域時，如果擷取的訊號包含了兩個相鄰符號時 (各包含一部份)，兩個相鄰的符號分別會產生突高回應。綜合以上兩種效應，利用傳統頻域符號時序恢復的方法來求通道脈衝響應，通常可得到四個突高回應。但，我們無法確認到底那一個才是正確的相對應於符號邊界位置的突高回應。

應用於 ADSL 的求算方法都無法直接套用在 VDSL 上，如美國專利公告第 6279022 號專利，其係利用已知的傳輸頻域樣本 (pattern) 與接收到的頻域符號進行比對與計算，找出通道脈衝響應的突高位置，而能決定邊界的位置。其主要利用 ADSL 傳輸資料時，接收端 (receiver) 可以先得知傳送端 (transmitter) 所欲傳送的所有符號來求取。然而，因為 VDSL 並無法事先得知所有的傳送符號，故此方法並不適用。

【發明內容】

有鑑於上述問題，本發明係提出一種離散多頻-超高速數位用戶迴路 (DMT-VDSL) 符號時序恢復之方法，不僅能夠減少記憶體的用量，

且能有效的將 VDSL 之符號時序恢復。

根據本發明所揭露之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，其係將所接收到的訊號擷取一段等長於符號長度的樣本，並且將樣本轉換到頻域上，計算通道頻率響應，再轉換回時域，觀察時域圖中通道脈衝響應尖峰的位置，並可於尖峰相距為週期性延伸段長度的位置得到伴隨尖峰，同時，透過伴隨尖峰與尖峰強度的關係，確認出伴隨尖峰的位置，然後由尖峰出現的位置決定出正確的突高回應，而可得到校正的位移量，將符號時序恢復。

【實施方式】

根據本發明所揭露之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，請參閱「第 1 圖」，離散多頻-超高速數位用戶迴路(DMT-VDSL)所傳送之訊號 (signal) 擷取一段等同於符號 (symbol) 之長度 N ，並使其轉換至頻域，如果擷取的部分橫跨相鄰的兩個符號，則計算所得的通道脈衝響應會具有四個突高回應 (impulse response)，其係因為 VDSL 之偶數頻 (odd tone) 及奇數頻 (even tone) 都含有特定的資訊 (information)，故會得到額外一個相同的突高回應，兩組的強度 (power) 同等大小，且距離都為固定長度 N_{sc} ($N/2$)。而每一組又分為兩個突高回應，其係因為擷取的樣本 14 橫跨有兩個相鄰符號 13 (見第 3 圖)，然後根據兩者之強度根據擷取的長度而有所不同，但是距離皆為 CE 之長度 L_{CE} 。

接著請參閱第 6 圖，為模擬所得的通道脈衝響應示意圖，每個圖分別有其相對應的時間延遲 (Delay)，且其中虛線位置代表實際上的離散多頻符號邊界位置 (boundary)，而有標示圓點之突高回應代表為真實的突高回應，而另外一個等同的突高回應則為因前述原因所產生的突高回應。不論擷取的位置與邊界位置的關係，一定至少會有兩個突高回應。所以，僅需針對其中一半的通道脈衝響應來進行判斷，就可以得知哪一個突高回應是真的，藉由真正的突高回應的位置則可以知道符號邊界位置，修正此一位移量 Δ (見第 3 圖)。

以前半區域 ($0 \sim N/2$) 為例子說明，請參閱「第 2A、2B 圖」，當

此區域內之尖峰 (peak) 11 位於前半部 ($0 \sim N/4$) 時，如果此尖峰 11 是假的突高回應，則位於其後方間隔長度 L_{CE} 的位置上會具有一個伴隨尖峰 (company peak) 12 (見第 2A 圖)；相反的，當尖峰 11 位於後半部 ($N/4 \sim N/2$) 時，其向前間隔長度 L_{CE} 的位置上會具有一個伴隨尖峰 12 (見第 2B 圖)，則此尖峰 11 則為真的突高回應。其中伴隨尖峰 12 的強度 (power) 需大於預定之強度比率 ν 之尖峰 11 強度。其強度就是圖上之高度，其計算公式如下：

$$P(L) = \begin{cases} \sum_{i=L}^{L+L_{CE}-1} h(i)^2 & \text{if } L + L_{CE} \leq N \\ \sum_{i=L}^{N-1} h(i)^2 + \sum_{i=0}^{L+L_{CE}-1-N} h(i)^2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 $h(i)$ 為樣本經過反傅立葉轉換後於時域的結果。

而此一強度比率 ν 的計算方式，請參閱「第 3 圖」。擷取的樣本 14 橫跨有兩個相鄰符號 13，而且與邊界之距離為位移量 Δ ，故前後兩符號 13 所貢獻之強度分別為 $\frac{N+L_{CE}-\Delta}{N}$ 與 $\frac{\Delta-L_{CE}}{N}$ ，如果設定

$\Delta = N_{SC}/2 = N/4$ ，將其帶入上述公式，可以分別得到 $\frac{0.75N+L_{CE}}{N}$ 與

$$\frac{0.25N-L_{CE}}{N}$$

，故其振幅 (amplitude) 概略為 3:1，所以強度為 9:1。所以強度比率 ν 可定義為 0.1。

故綜合上述，可以得到當 $L_0 \geq N_{SC}/2$ (其中 L_0 為尖峰 11 的位置)，則檢查位置 $L_1 = L_0 - L_{CE}$ 上之伴隨尖峰 12：

$$FLAG = \begin{cases} \text{TRUE} & \text{if } P(L_1) \geq P(L_0) * \nu \\ \text{FALSE} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{見第 2A 圖})$$

也就是說，當此伴隨尖峰 12 之強度滿足上列式子，則對應之尖峰 11 則為真的突高回應，反之則否 (其中，上面公式中 FLAG 表示為判斷式，TRUE 代表為真，FLASE 代表為錯)。另外當 $L_0 < N_{SC}/2$ ，檢查位置 $L_1 = L_0 + L_{CE}$ 上之伴隨尖峰 12：

$$FLAG = \begin{cases} FALSE & \text{if } P(L_1) > P(L_0) * \nu \\ TRUE & \text{otherwise} \end{cases}$$

(見第 2B 圖)

其判斷原理同上，因此，綜合上述，可以得到真的突高回應之位

置 τ 為： $\tau = \begin{cases} L_0 & \text{if } FLAG \text{ is TRUE} \\ L_0 + N_{sc} & \text{otherwise} \end{cases}$ 所以位移量 $\Delta = N - \tau$ ；然而，如果應用於前後都具有 CE 的情況，如「第 4 圖」所示，CE 包含有前延伸段 CP (cyclic prefix) 以及後延伸段 CS(cyclic suffix)，則位移量 Δ 修正為：

$$\Delta = \begin{cases} N - \tau & \text{if } \tau \geq N_{sc} \\ N_{DMT} - \tau & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 $N_{DMT} = N + CE - \beta$ ，其中 β 所代表的是兩兩離散多頻符號重疊部分的長度，由 VDSL 標準所訂定。

而本發明之步驟流程示意圖，請參閱「第 5 圖」，當接收到一段摻雜著訊號及 CE 之符號時，先行從中擷取一段等長於符號長度的樣本(步驟 501)(同時參照第 3 圖)，然後將樣本使用傅立葉轉換 (Fourier transform) 轉換到頻域，並在頻域計算通道頻率響應 (channel frequency response) (步驟 502)，並將此訊號轉換回時域的通道脈衝響應 (channel impulse response)，而得到至少兩個尖峰 11 (步驟 503)，同時參閱「第 1 圖」，且兩個尖峰相距為符號長度的一半 (N_{sc})。然後透過前述的判斷方式，選擇其中一個尖峰 11，並依據尖峰 11 的位置以及其強度，而決定出伴隨尖峰 12 (步驟 504)，並且透過強度的判斷決定出所選擇的尖峰 11 是否為真的突高回應 (步驟 505)，然後加以修正樣本的位置 (步驟 506)。

而因為實際上運作時，如果當樣本擷取時，相當靠近 CE 的位置，也就是當 τ 趨近於 N 時，根據此 τ 來校正會有誤差產生，僅能使校正後的樣本遠離該位置，而不能正確的校正，故可以重新計算判斷、校正一次，來校正出最佳值，然而，如果每一次判斷時，都需要先判斷 τ 是否趨近於 N ，會造成額外的記憶體浪費，也會使整體演算變的更為複雜，故可以令所有的判斷都做兩次。因此，先行判斷是否為第一次執行 (步驟 507)，如果是，則由步驟 501 重新計算，如果已經第二次

校正，則可直接將訊號之符號時序恢復（步驟 508）。

以上所述者，僅為本發明其中的較佳實施例而已，並非用來限定本發明的實施範圍；即凡依本發明申請專利範圍所作的均等變化與修飾，皆為本發明專利範圍所涵蓋。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係為本發明擷取之樣本轉換於頻域之示意圖；

第 2A、2B 圖係為本發明伴隨尖峰之示意圖；

第 3 圖係為本發明擷取樣本對應於原始符號之示意圖；

第 4 圖係為本發明應用於另一實施態樣之示意圖；

第 5 圖係為本發明之步驟流程示意圖；及

第 6 圖係為本發明模擬之符號轉換為頻域的示意圖。

【圖式符號說明】

11	尖峰
12	伴隨尖峰
13	符號
14	樣本
N _{sc}	兩尖峰之距離
L _{CE}	週期性延伸段之長度
N	符號之長度
N _{DMT}	離散多頻符號之長度
CP	前延伸段
CS	後延伸段
τ	突高回應之位置
△	位移量

拾、申請專利範圍：

1. 一種離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，用以將一包含有複數個離散多頻符號及週期性延伸段（cyclic extension）的訊號（signal），恢復其正確的符號時序，該方法係包含下列步驟：
 - 由該訊號擷取一等同於該符號之長度的樣本；
 - 將該樣本轉換至頻域，並計算通道頻率響應；
 - 將該通道頻率響應轉換至時域，而獲得兩尖峰（peak）；
 - 選擇其中之一該尖峰，並透過該尖峰的位置及強度來決定出一伴隨尖峰；
 - 根據該伴隨尖峰及其對應之該尖峰，而確認其中之一該尖峰為正確之一突高回應（peak response）；及
 - 藉由該突高回應校正該樣本於該訊號之擷取位置，而將該訊號之符號時序恢復。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，其中該兩尖峰係為兩相鄰之該符號轉換於頻域所產生。
3. 如申請專利範圍第 2 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，其中該該兩尖峰之強度（power）相等，且相距為符號之長度的一半。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，其中該伴隨尖峰係位於距離該尖峰相距為該週期性延伸段之長度的位置。
5. 如申請專利範圍第 4 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序恢復之方法，其中該伴隨尖峰之位置 (L_1) 係為：

$L_1 = L_0 - L_{CE}$, 當 $N/2 \geq L_0 \geq N/4$; 及

$L_1 = L_0 + L_{CE}$, 當 $L_0 < N/4$;

其中該 L_0 為該伴隨尖峰對應之該尖峰的位置；

該 L_{CE} 為該週期性延伸段之長度之位置；及

該 N 為該符號之長度。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該伴隨尖峰依據其強度滿足 $P(L_1) \geq P(L_0) * \nu$ ，並配合該
尖峰之位置來加以判斷出該尖峰為正確之突高回應(impulse response)；
其中該 $P(L_1)$ 係為該伴隨尖峰之強度；

該 $P(L_0)$ 係為該尖峰之強度；及

該 ν 係為一強度比率。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該強度比率係以 0.1 為佳。

8. 如申請專利範圍第 6 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該突高回應之判斷係為：

$$FLAG = \begin{cases} TRUE & \text{if } P(L_1) \geq P(L_0) * \nu \\ FALSE & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 當 } N/2 \geq L_0 \geq N/4; \text{ 及}$$

$$FLAG = \begin{cases} FALSE & \text{if } P(L_1) > P(L_0) * \nu \\ TRUE & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 當 } L_0 < N/4;$$

其中該 FLAG 表示為判斷式，TRUE 代表該尖峰為真，FALSE 代表該尖峰為
錯。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該突高回應之位置 (τ) 係為

$$\tau = \begin{cases} L_0 & \text{if } FLAG \text{ is TRUE} \\ L_0 + N_{sc} & \text{otherwise} \end{cases} .$$

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該樣本所需校正的位移量 $\Delta = N - \tau$ 。

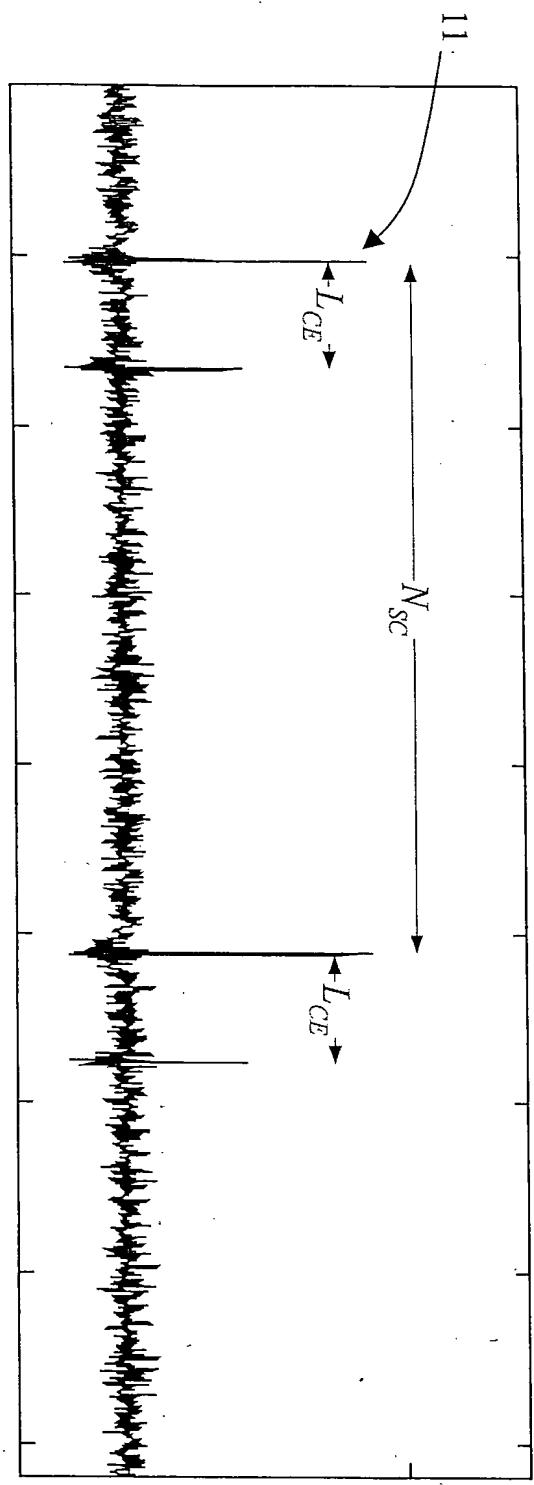
11. 如申請專利範圍第 9 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該樣本所需校正的位移量 $\Delta = \begin{cases} N - \tau & \text{if } \tau \geq N/2 \\ N_{DMT} - \tau & \text{otherwise} \end{cases}$ ，其
中該 N_{DMT} 係為離散多頻符號之長度。

12. 如申請專利範圍第 11 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時
序恢復之方法，其中該離散多頻符號之長度係滿足：

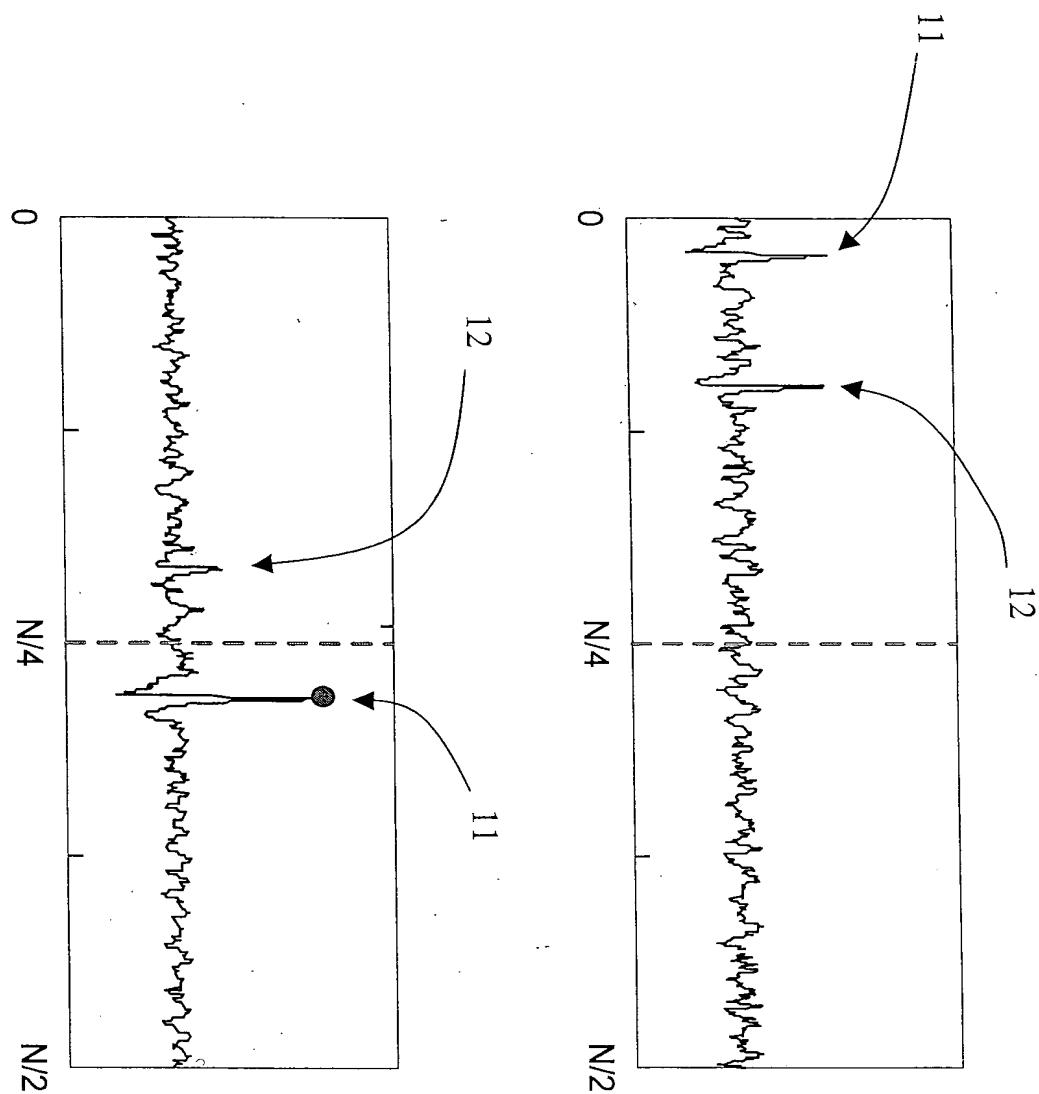
$$N_{DMT} = N + CE - \beta ;$$

其中該 β 係為該離散多頻符號重疊部分的長度。

13. 如申請專利範圍第 1 項所述之離散多頻-超高速數位用戶迴路符號時序
恢復之方法，其中該藉由該突高回應校正該樣本於該訊號之擷取位置
後，更包含有重複上述之步驟一次的步驟，再將該訊號之符號時序恢復。

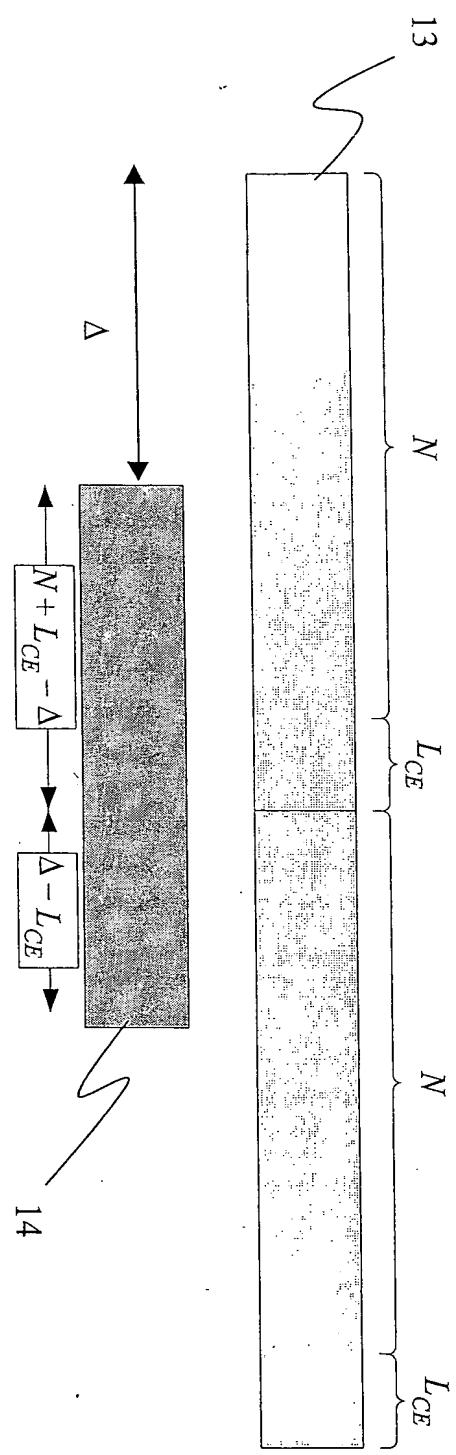


第1圖

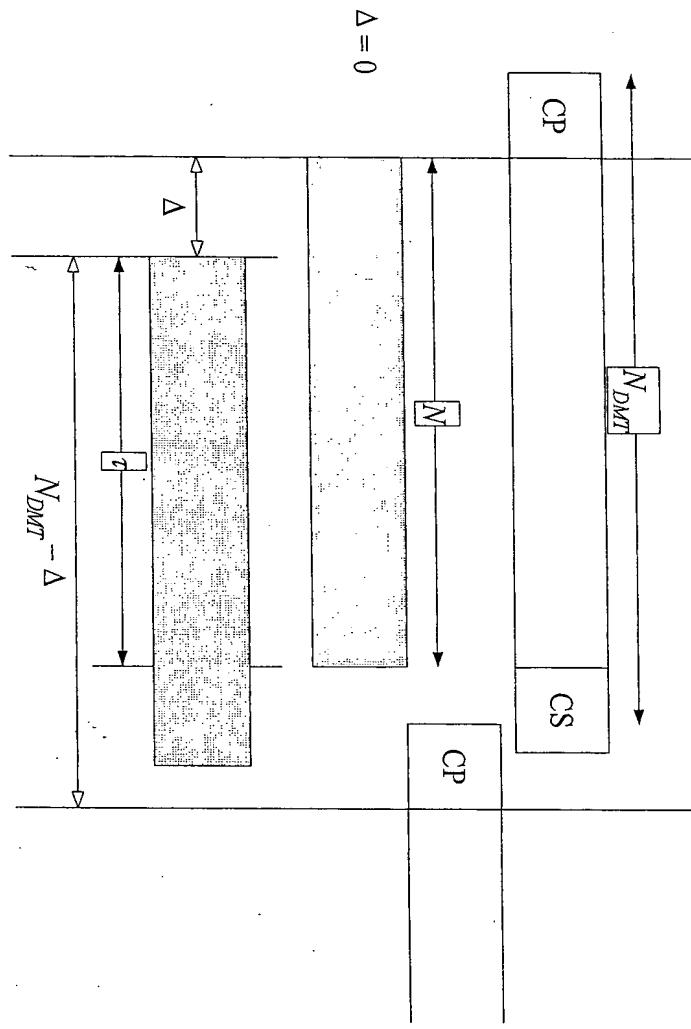


第2B圖

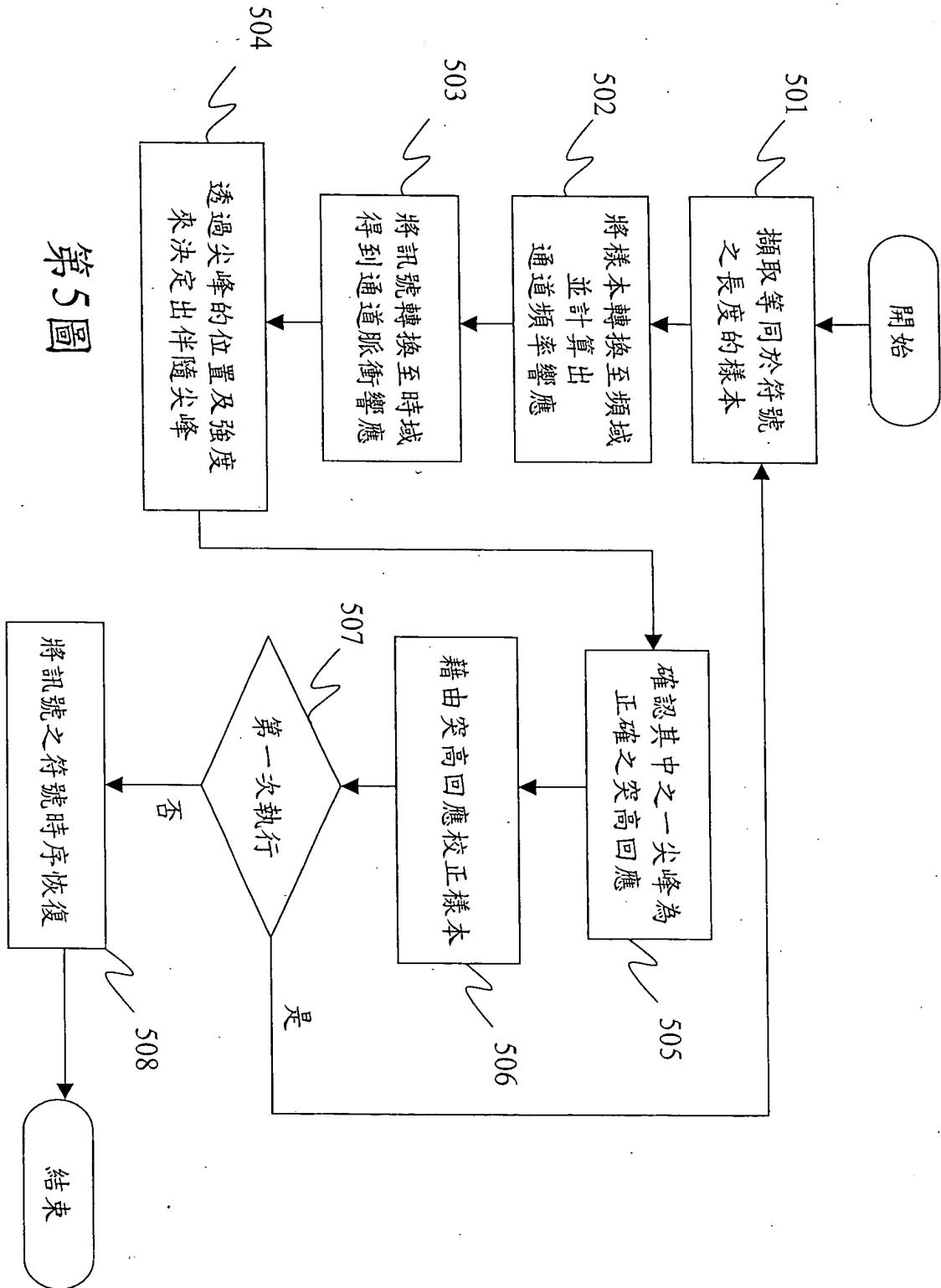
第2B圖



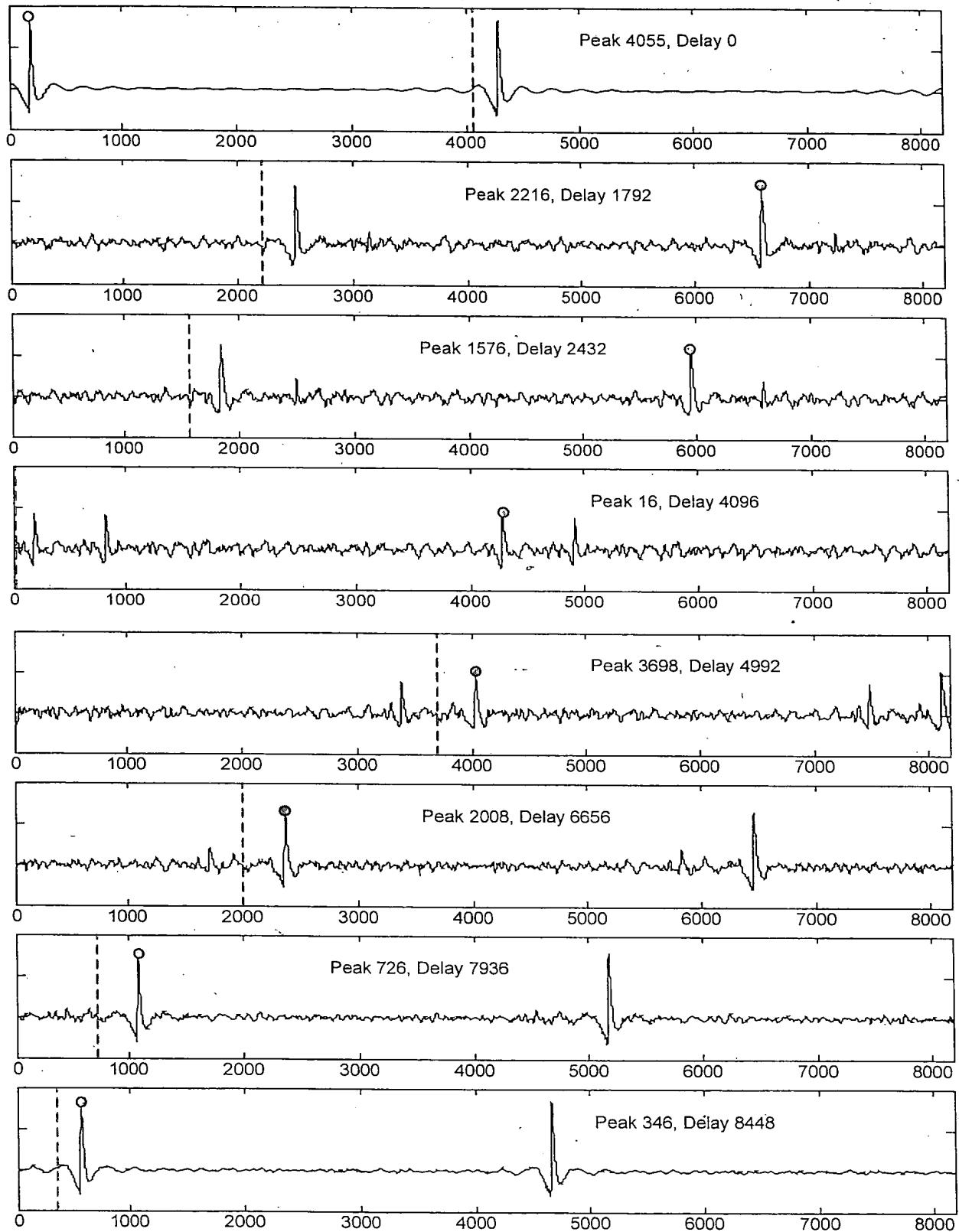
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖